



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2012152335/28, 05.12.2012

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
05.12.2012

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 05.12.2012

(43) Дата публикации заявки: 10.06.2014 Бюл. № 16

(45) Опубликовано: 20.10.2014 Бюл. № 29

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: В.В.Конашков и др., Комплекс для исследования физических свойств высокотемпературных металлических расплавов, журн. Приборы и техника эксперимента, N1, стр.162-163, 2012. RU 104721 U1 20.05.2011. GB 865073 A 12.04.1961. CN 202442935 U 19.09.2012. JP 0003259727 A 19.11.1991

Адрес для переписки:

620002, г.Екатеринбург, ул. Мира, 19, УрФУ,
Центр интеллектуальной собственности, Маркс
Т.В.

(72) Автор(ы):

Поводатор Аркадий Моисеевич (RU),
Вьюхин Владимир Викторович (RU),
Цепелев Владимир Степанович (RU),
Конашков Виктор Васильевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина" (RU)

(54) СПОСОБ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ РАСПЛАВОВ

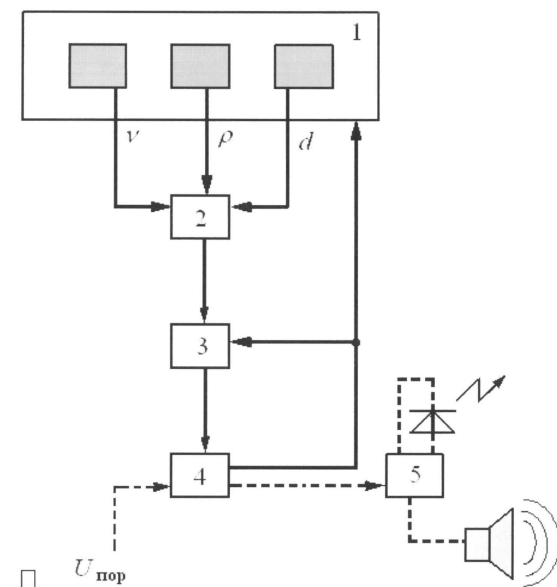
(57) Реферат:

Изобретение относится к технической физике, а именно к анализу физико-химических параметров металлических сплавов, в частности, на основе железа или никеля, путем фотометрического определения кинематической вязкости ν , электросопротивления ρ и плотности d нагреваемого образца в зависимости от температуры. Изобретение может быть использовано в лабораторных исследованиях, на предприятиях металлургической промышленности, при выполнении лабораторных работ в вузах. Способ, при котором измеряют температурные зависимости параметров вязкости ν , электросопротивления ρ и плотности d расплава в определенном диапазоне температур с получением значений параметров в виде электрических сигналов. При этом значения этих

параметров расплава, полученных при одинаковых значениях температур, перемножают, получая значения мультипликативного параметра M_i , характеризующего расплав, запоминают его в качестве специфического параметра, затем снова измеряют значения вышеуказанных параметров того же или иного расплава, перемножают, получая значения мультипликативного параметра M_{i+1} , их тоже затем определяют разность значений ΔM мультипликативных параметров $\Delta M = M_i - M_{i+1}$ которую сравнивают с $\Delta M_{пор}$. Устройство для исследования параметров расплава содержит комплекс блоков определения температурных зависимостей ν , ρ и d расплава, имеющих выходы для вывода значений параметров. При этом в

него введены соединенные последовательно перемножитель, запоминающее устройство и блок вычитания, каждый из n входов перемножителя соединен с соответствующим выходом одного из блоков определения параметров ν , ρ и d расплава. Техническим результатом является обеспечение возможности определения мультипликативных значений температурных зависимостей свойств

расплавов, упрощение сравнительной оценки этих значений, а также повышение достоверности и точности результатов измерений величины параметров расплава при изменениях температуры, расширение функциональных возможностей, упрощение и удешевление экспериментов. 2 н. и 1 з.п. ф-лы, 5 ил.



Фиг. 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**(21)(22) Application: **2012152335/28, 05.12.2012**(24) Effective date for property rights:
05.12.2012

Priority:

(22) Date of filing: **05.12.2012**(43) Application published: **10.06.2014** Bull. № 16(45) Date of publication: **20.10.2014** Bull. № 29

Mail address:

**620002, g.Ekaterinburg, ul. Mira, 19, UrFU, Tsentr
intellektual'noj sobstvennosti, Marks T.V.**

(72) Inventor(s):

**Povodator Arkadij Moiseevich (RU),
V'jukhin Vladimir Viktorovich (RU),
Tsepelev Vladimir Stepanovich (RU),
Konashkov Viktor Vasil'evich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federal'noe gosudarstvennoe avtonomnoe
obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego
professional'nogo obrazovanija "Ural'skij
federal'nyj universitet imeni pervogo Prezidenta
Rossii B.N. El'tsina" (RU)**(54) **METHOD AND APPARATUS FOR INVESTIGATING PARAMETERS OF MOLTEN MASS**

(57) Abstract:

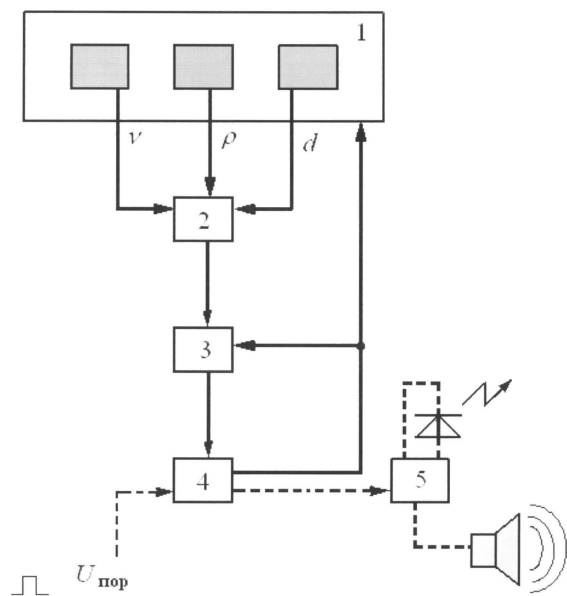
FIELD: physics.

SUBSTANCE: invention relates to applied physics and particularly to analysis of physical and chemical parameters of metal alloys, particularly based on iron or nickel, by photometric determination of kinematic viscosity ν , electrical resistance ρ and density d of a heated sample depending on temperature. The invention can be used in research laboratories, at metallurgical companies and in laboratory work in universities. The method includes measuring temperature dependency of viscosity ν , electrical resistance ρ and density d of a molten mass in a defined temperature range to obtain values of the parameters in the form of electrical signals. Values of said parameters, obtained at the same temperature values, are multiplied to obtain values of a multiplicative parameter M_i , which characterises the molten mass. Said parameter is stored as a specific parameter. Values of said parameters of the same or different molten mass are measured again and multiplied to obtain values of a multiplicative parameter M_{i+1} . The difference between the multiplicative parameters $\Delta M = M_i - M_{i+1}$ is then determined and compared with ΔM_{por} . The apparatus for investigating parameters of a molten mass comprises a system of units for determining temperature dependency of ν , ρ and d of the molten mass, having outputs for the values of the parameters. The apparatus includes series-connected

multiplier, storage device and subtractor unit; each of the n inputs of the multiplier is connected to the corresponding output of one of the units for determining parameters ν , ρ and d of the molten mass.

EFFECT: enabling determination of multiplicative values of temperature dependency of properties of molten mass, easy comparative evaluation of said values, and high reliability and accuracy of measurement results of parameters of molten mass during temperature changes, broader functional capabilities, easy and cheap experiments.

3 cl, 5 dwg



Фиг. 1

Предлагаемое изобретение относится к технической физике, а именно - к анализу физико-химических параметров металлических сплавов, в частности, на основе железа или никеля, путем фотометрического определения кинематической вязкости ν , электросопротивления ρ и плотности d нагреваемого образца в зависимости от температуры. Изобретение может быть использовано в лабораторных исследованиях, на предприятиях металлургической промышленности, при выполнении лабораторных работ в вузах.

Многопараметрическое исследование физико-химических параметров металлических жидкостей и расплавов, в частности на основе железа или никеля, и прежде всего, высокотемпературных ($t_{пл}=+1000...2000^{\circ}\text{C}$), таких как вискозиметрия - определение кинематической вязкости ν в образце, помещенном в тигель объемом несколько кубических сантиметров, который подвешен на упругой проволоке внутри вертикальной вакуумной электропечи, а также бесконтактное определение электропроводности $1/\rho$ или электросопротивления ρ образца способом вращающегося магнитного поля и определение плотности d этого образца методом «большой лежащей капли», позволяют проводить анализ материалов и давать рекомендации для получения сплавов с заданными характеристиками на предприятиях и, в частности, корректировать технологические режимы. В основе анализа многокомпонентных промышленных сплавов лежат сведения о термозависимостях (политермах) ряда физических характеристик металлов - см. Цепелев В.С. «Совершенствование экспериментальных методов исследования металлических расплавов и получение новых сведений о них с целью оптимизации процессов выплавки сталей и сплавов», в кн. «Свойства металлических расплавов», ч.2, Екатеринбург, УГТУ - УПИ, 2008, с.188, рис.11. Кроме того, анализ политерм ряда важнейших экспериментально доступных термозависимых параметров сплавов - кинематической вязкости ν , электросопротивления ρ и плотности d нагреваемого образца, позволяет выделять особые точки, в частности температуру начала гистерезиса $t_{г}$, критическую $t_{кр}$ и температуру аномального изменения свойств расплава $t_{ан}$, а также гистерезисные характеристики цикла «нагрев - охлаждение».

Необходимо отметить, что экспериментальное определение термозависимостей вышеуказанных параметров, в том числе гистерезиса, т.е. ветвления политерм и его особенностей, свидетельствует о преимущественно функциональной связи этих параметров. Выполнение подобных экспериментов, как и анализ результатов, не просто многофакторных, но зачастую слабо меняющихся и разнонаправленных, осуществляет высококвалифицированный персонал в процессе сложного и трудоемкого эксперимента, характеризованного длительными подготовительными работами. Несмотря на ряд достоверных количественных оценок связи измеряемых параметров - см. пат. РФ №2450257, получение однозначных временных сравнительных характеристик одного и того же расплава, а также их сравнительный анализ с аналогичными расплавами затруднены. Об этом свидетельствует сравнение термозависимостей различных параметров - см. вышеуказанное: Цепелев В.С. ...рис.11; Ларионов В.Н. «Управление структурой и качеством отливок из жаропрочных никелевых сплавов высокотемпературной обработкой расплава», в кн. «Свойства металлических расплавов», ч.2, Екатеринбург, УГТУ - УПИ, 2008, с.80, рис.1. Проведение экспериментов, в том числе повторных, частично по этой причине для определения вышеупомянутых параметров у различных сплавов и последующего сравнения этих параметров как между собой, так и для разных сплавов в ряде случаев является не только целесообразным, но и необходимым.

Принято считать, что вышеуказанные термозависимые параметры в первом приближении отражают физические процессы внутреннего трения как на атомном уровне, так и на уровне «электронного газа» в металлических расплавах и связаны между собой соотношениями, количественно совпадающими с экспериментами - см.

Баум. Б.А. и др. «Металлические расплавы в прогрессивных технологиях», в кн. «Свойства металлических расплавов», ч. 1, Екатеринбург, УГТУ - УПИ, 2008, с.109...111, рис. 1 - аналог. В частности, вышеотмеченные параметры связаны между собой, по крайней мере у чистых непереходных металлов, соотношением:

$$\nu = \text{const} \cdot B / \rho \cdot d \quad (1)$$

где B - слабая функция температуры, медленно спадающая в интервале температур от $t_{\text{пл}}$ до $2_{\text{пл}}$.

Кроме того, известно, что динамическая вязкость или коэффициент внутреннего трения η связана с некоторыми вышеуказанными параметрами:

$$\eta = \nu \cdot d \quad (2)$$

Таким образом, значения параметров ν , ρ , d в большинстве случаев взаимосвязаны, необходимы и достаточны для характеристики исследуемого сплава.

Известен фотометрический способ определения кинематической вязкости ν с возможностью определения посредством метода вращающегося магнитного поля, электросопротивления ρ высокотемпературных расплавов (до $t_{\text{пл}} = +2000^\circ\text{C}$), реализуемый посредством комбинированной установки с общим для обоих методов образцом расплава - см. С.И.Филиппов и др. «Физико-химические методы исследования металлургических процессов», М.: Металлургия, 1968, с.250...252, рис.105 - аналог.

Известен способ исследования высокотемпературных металлических расплавов и устройство для его осуществления, при котором несколько раз определяют температурные зависимости параметров вязкости ν и электросопротивления ρ расплава, значения каждого из этих параметров подают на соответствующий вход коррелометра, на выходе которого получают значение коэффициента корреляции $K_{\text{кор}}$ этих параметров, при определении указанных параметров расплава в следующий раз определяют значения только одного из параметров, а по значениям этого параметра и значению коэффициента корреляции $K_{\text{кор}}$ определяют значения другого параметра - см. пат. РФ №2450257 - аналог.

Наиболее близкими к предлагаемому изобретению по технической сущности и достигаемому результату являются фотометрические способы определения у изучаемого расплава параметров кинематической вязкости ν с возможностью определения посредством метода вращающегося магнитного поля электросопротивления ρ , а также плотности d методом «большой капли», реализуемые посредством компьютеризованного комплекса установок - см. В.В.Конашков и др. «Комплекс для исследования физических свойств высокотемпературных металлических расплавов», журн. «Приборы и техника эксперимента», 2012, №1, с.162-163 - прототип. В способе определения параметров расплавов несколько раз измеряют температурные зависимости параметров вязкости ν , электросопротивления ρ и плотности d расплава в определенном диапазоне температур с получением значений параметров в виде электрических сигналов. Измерение вышеуказанных параметров проводят для каждой температурной точки f_j с получением значений этих параметров в виде электрических сигналов, после чего производят аналогичное измерение этих же параметров в следующей температурной

точке t_{j+i} и т.д. Затем полученные термозависимости параметров анализируют, по сути дела, независимо друг от друга.

Устройство для исследования высокотемпературных металлических расплавов содержит компьютеризованный комплекс блоков определения температурных зависимостей параметров кинематической вязкости ν , электросопротивления ρ и плотности d расплава, имеющих выходы для вывода значений параметров в виде соответствующих электрических сигналов. Устройство предназначено преимущественно для изучения высокотемпературных расплавов на основе, например, железа или никеля.

Недостатками способа и устройства по вышеуказанным аналогам и прототипу являются, во-первых, то, что полученная в результате многопараметровых экспериментов информация о параметрах расплавов носит в какой-то степени избыточный, но не однозначный характер, в том числе по характеристикам гистерезиса термозависимостей (политерм) и температур t_f , $t_{кр}$, $t_{ан}$, при этом отсутствует однозначное комбинированное мультипликативное значение по данным группы вышеуказанных измеренных параметров для одного и того же или разных расплавов.

Во-вторых, в случае необходимости неоднократного сравнительного исследования например, этого же расплава после изменения технологии его создания либо близких по составу расплавов проводят заново, от начала до конца, весь цикл многопараметровых экспериментов. Однако из-за того, что отсутствует сравнительное комбинированное мультипликативное значение по данным всей группы измеряемых параметров расплавов, не обеспечены однозначность и упрощение сравнительной оценки временных сдвигов характеристик этих расплавов, а также не обеспечены снижение трудоемкости и стоимости экспериментов. В конечном итоге уменьшаются достоверность и точность сравнения значений параметров расплава при изменениях температуры, не обеспечивается расширение функциональных возможностей, а также упрощение и удешевление эксперимента.

Задачей предлагаемого изобретения является осуществление определения мультипликативных значений температурных зависимостей свойств расплавов, упрощение сравнительной оценки этих значений, а в конечном итоге повышение достоверности и точности результатов измерений величины параметров расплава при изменениях температуры, расширение функциональных возможностей, упрощение и удешевление экспериментов.

Поставленная задача решается с помощью способа и устройства для исследования параметров расплавов.

Способ исследования параметров расплавов, при котором измеряют температурные зависимости параметров вязкости ν , электросопротивления ρ и плотности d расплава в определенном диапазоне температур с получением значений параметров в виде электрических сигналов, отличающийся тем, что дополнительно измеряют значения вышеуказанных параметров того же или иного расплава при одинаковых значениях температур, эти значения параметров расплава перемножают, получая значения мультипликативного параметра M_{i+1} , характеризующие расплав:

$$M_{i+1} = (\nu^l \cdot \rho^m \cdot d^n)_I,$$

где: l , m , n - любые отличные от нуля числа, в том числе дробные; эти значения M_{i+1} запоминают в качестве специфического параметра, характеризующего расплав, кроме того, значения ранее измеренных параметров расплава, полученных при одинаковых значениях температур, также перемножают, получая значения мультипликативного параметра M_i , характеризующие расплав:

$$M_i = (v^l \cdot \rho^m \cdot d^n)_i$$

где: l, m, n - любые отличные от нуля числа, в том числе дробные; значения M_i запоминают в качестве специфического параметра, характеризующего расплав, затем определяют разность значений Δ_M вышеуказанных мультипликативных параметров:

$$\Delta_M = M_i - M_{i+1}$$

которую сравнивают с пороговым значением $\Delta_{M\text{пор}}$.

Устройство для исследования параметров расплавов, содержащее блоки определения температурных зависимостей параметров вязкости ν , электросопротивления ρ и плотности d расплава, имеющие выходы для вывода значений параметров в виде соответствующих электрических сигналов, отличающееся тем, что в него введены соединенные последовательно перемножитель, запоминающее устройство и блок вычитания, количество входов перемножителя соответствует количеству значений параметров, каждый из входов перемножителя соединен с соответствующим выходом одного из блоков определения температурных зависимостей параметров вязкости ν , электросопротивления ρ и плотности d расплава.

Кроме того, блок вычитания выполнен с регулируемым порогом.

Предлагаемое изобретение поясняется чертежами:

фиг.1. Блок-схема измерительного комплекса;

фиг.2. Программа для микроконтроллера STM32F103;

фиг.3. Термозависимости мультипликативных параметров M_i , вязкости ν ,

электросопротивления ρ и плотности d сплава ЖС 26 (• - нагрев, о - охлаждение);

фиг.4. Термозависимости мультипликативных параметров M_i , вязкости ν ,

электросопротивления ρ и плотности d сплава Р6М5 первого (•) и второго (▲) производителей при нагреве;

фиг.5. Термозависимости разности (х) значений Δ_M мультипликативных параметров M_i первого (◆) и второго (▲) производителей сплава Р6М5 при нагреве.

Устройство для реализации способа исследования параметров расплавов (фиг.1), содержит компьютеризованный комплекс 1 блоков (на схеме не показаны) определения температурных зависимостей параметров вязкости ν , электросопротивления ρ и плотности d расплава. Кроме того, устройство содержит перемножитель 2, запоминающее устройство 3, блок вычитания 4, блок аудиовизуальной сигнализации 5, последовательно соединенные друг с другом, а также с компьютером компьютеризованного комплекса 1 (на схеме не показан) посредством шины данных и управления (на схеме не показано). Каждый из блоков определения температурных зависимостей параметров ν , ρ и d расплава оснащен выходом для вывода значений параметров ν , ρ и d в виде соответствующих электрических сигналов, например, однополярных кодированных импульсных последовательностей напряжения. Перемножитель 2 содержит n входов, это по меньшей мере соответствует количеству значений параметров, например $n=3$, причем каждый из n входов перемножителя соединен с соответствующим выходом блоков определения температурных зависимостей параметров ν , ρ и d расплава. Выход перемножителя 2 и вход блока вычитания 4 соединены с запоминающим устройством 3. Блок аудиовизуальной сигнализации 5, кроме того, соединен с компьютером комплекса 1. Блок вычитания 4 имеет возможность установки регулируемого порогового значения 7, например, однополярных кодированных импульсных последовательностей напряжения $U_{\text{пор}}$. Блок измерения вязкости ν выполнен в виде устройства для реализации бесконтактного

фотометрического способа определения кинематической вязкости путем измерения параметров экспоненциального затухания (декремента) крутильных колебаний тигля с расплавом, подвешенного на упругой нити - см. пат. РФ №2386948. Блок изучения электросопротивления ρ выполнен в виде устройства для бесконтактного измерения

5 электрического сопротивления металлического образца расплава методом вращающегося магнитного поля - см. пат. РФ №2299425. Основные узлы (на схеме не показаны) блоков определения температурных зависимостей параметров ν , ρ расплава представляют собой вертикальную вакуумную электропечь, в зоне нагрева которой на подвеске коаксиально подвешен тигель с исследуемым образцом, соединенный с

10 упругой проволоочной частью подвески с помощью керамического стержня, фотометрическое измерительное устройство, которое состоит из зеркала, закрепленного на верхнем конце керамического стержня, источника света и измерительного фотоприемного устройства. Кроме того, блок изучения электросопротивления ρ содержит источник вращающегося с частотой 50 Гц постоянного по амплитуде

15 магнитного поля в виде статора трехфазного трансформатора, расположенного вблизи зоны нагрева электропечи. Блок определения температурных зависимостей плотности d расплава методом «большой капли» использует горизонтальную вакуумную электропечь, в зоне нагрева которой на керамической подложке находится каплевидный образец расплава, фотоизображение которого регистрируют видеокамерой, соединенной

20 с компьютером компьютеризованного комплекса 1, который вычисляет геометрические характеристики фотоизображения контура капли для определения d расплава. Основные узлы этого блока известны - см. пат. РФ на полезную модель №101191. Каждый из вышеописанных блоков использует компьютер (на схеме не показано) компьютеризованного комплекса 1 для управления и обработки результатов

25 исследования и содержит свой выход для вывода значений параметров ν , ρ , d . Выходы портов USB (или LPT) вышеупомянутого компьютера являются соответствующими выходами блоков устройства определения температурных зависимостей параметров ν , ρ , d расплава. Блок аудиовизуальной сигнализации 5 может быть выполнен, например, по схеме с дискретными элементами на основе КМОП микросхем - см. пат. РФ на

30 полезную модель №96660 либо в случае программной реализации блока аудиовизуальной сигнализации 5 используют дисплей и акустические излучатели компьютера компьютеризованного комплекса 1. Перемножитель 2, запоминающее устройство 3, блок вычитания 4, блок аудиовизуальной сигнализации 5 выполнены в виде виртуальных приборов в составе компьютера компьютеризованного комплекса 1, работающего с

35 программой Excel. Перемножитель 2, запоминающее устройство 3, блок вычитания 4 блок аудиовизуальной сигнализации 5 могут быть выполнены на микроконтроллере, например, STM32F103 фирмы ST с разработкой соответствующих программных продуктов. Пример программы для данного микроконтроллера, выполненной на языке C, реализующей его применение в предлагаемом изобретении, приведен на фиг.2. В

40 другом варианте перемножитель 2, запоминающее устройство 3, блок вычитания 4, могут быть выполнены в виде отдельных устройств на основе КМОП интегральных схем: перемножитель 2 может быть выполнен на КМОП ИС 564ИП5 (элементарная ячейка умножения) с ее наращиванием - см. А.Л.Ланцов и др. «Цифровые устройства на комплементарных МДП интегральных микросхемах», М.: Радио и связь, 1983, с.73,

45 рис.2.42. Блок вычитания 4 можно выполнить на схеме сравнения двух чисел 564ИП2 с ее наращиванием при необходимости - см. вышеуказанное А.Л.Ланцов...с.81, 82, рис.2.47, 2.48. Запоминающее устройство 3 может быть выполнено в виде, например, сверхоперативного запоминающего устройства с комбинированным доступом на

основе накопителя - регистра 564ИР11 совместно с комбинацией сумматоров и счетчиков серии 564 - см. вышеуказанное А.Л.Ланцов...с.139, 148, рис.4.21.

Изучение температурных зависимостей параметров $(v, \rho, d)=f(t_j)$ расплавов и последующее определение мультипликативного значения $M_i=\psi(t_j)$ температурных зависимостей свойств расплавов в условных единицах, имеющее размерность M в виде Ом·кг/с, осуществляют в соответствии с формулой:

$$M_i=(v^l \cdot \rho^m \cdot d^n)_i$$

где: l, m, n - любые отличные от нуля числа, в том числе дробные, например $l=m=n=1$; следующим образом.

После выполнения подготовительных работ на каждом из блоков в составе компьютеризованного комплекса 1 на них осуществляют соответствующие эксперименты по снятию термозависимостей v, ρ, d данного расплава в необходимом температурном диапазоне в одних и тех же температурных точках t_j , которые используют в процессе эксперимента. Каждая из этих точек t_j должна быть задана с максимально возможной степенью совпадения значения t_j , например с разбросом меньше $\pm 5^\circ\text{C}$ в области температур $t_j=+(1000\dots 2000)^\circ\text{C}$, при этом точки t_j цикла «нагрев - охлаждение» могут быть отделены друг от друга и при этом не совсем точно совпадают по величине. Электрические сигналы, отражающие $n=3$ термозависимых параметров: v, ρ, d у одного и того же расплава в необходимом температурном диапазоне в одних и тех же температурных точках t_j , подают с выходных шин, например, портов USB каждого из соответствующих блоков в составе компьютеризованного комплекса 1, на n соответствующих входов перемножителя 2, например, выполненного на основе микроконтроллера или виртуального перемножителя 2 на основе центрального процессора компьютера. Кроме того, значения параметров v, ρ, d одновременно сохраняют и в запоминающем устройстве компьютеризованного комплекса 1 (на схеме не показано), в качестве которого используют внутреннюю или съемную память компьютера. В варианте реализации, как указано выше, перемножителя 2, запоминающего устройства 3, блока вычитания 4, блока аудиовизуальной сигнализации 5, выполненных в виде виртуальных приборов в составе компьютера компьютеризованного комплекса 1, работающего с программой Excel, эти значения параметров v, ρ, d вводят в Excel, перемножают, вычисляют M_i с помощью входящих в состав Excel функций по формуле:

$$M_i = (v^l \cdot \rho^m \cdot d^n)_i \quad (3)$$

где: l, m, n - любые отличные от нуля числа, в том числе дробные, например $l=m=n=1$.

Возможно, экспериментальные значения v, ρ, d при долговременном накоплении данных, в том числе при многократных исследованиях, могут потребовать внесения в значение M_i корректирующих поправок, которые можно математически выразить в виде эмпирического степенного показателя $l, m, n \neq 1$ при каждом из значений v, ρ, d . Однако по крайней мере при начальной стадии исследований необходимо и достаточно использовать простые значения: $l=m=n=1$:

$$M_i = (v \cdot \rho \cdot d)_i \quad (4)$$

Значения M_i сохраняют в запоминающем устройстве 3 как специфический параметр, характеризующий расплав. В последующем эксперименте с этим же либо другим

расплавом точно так же определяют значения параметров ν , ρ , d расплава при одинаковых значениях температуры t_j , значения этих параметров снова сохраняют в запоминающем устройстве 3, вводят в таблицу Excel, перемножают, вычисляют M_i , получают новые значения мультипликативного параметра M_{i+1} , значения M_{i+1} так же запоминают как специфический параметр, характеризующий расплав. Значения M_i , M_{i+1} сохраняют в запоминающем устройстве компьютеризованного комплекса 1 (на схеме не показано), в качестве которого используют внутреннюю или съемную память компьютера, и в запоминающем устройстве 3, подавая значения M_i , M_{i+1} на вход запоминающего устройства 3 в последовательном или параллельном виде. После того как в запоминающем устройстве 3 зафиксированы значения M_i , M_{i+1} , эти значения в виде электрических импульсных сигналов с выхода запоминающего устройства 3 подают на вход блока вычитания 4 и на его выходе получают разность значений $\Delta_M = \phi(t_j)$ в соответствии с формулой:

$$\Delta_M = M_i - M_{i+1} \quad (5)$$

Наличие у блока вычитания 4 возможности установки, например по дополнительному входу, порогового значения 7, например, в виде однополярных импульсных последовательностей напряжения $U_{\text{пор}}$ не является обязательным на начальных этапах исследований. Выбор порогового значения 7 целесообразен при накоплении банка данных, в том числе при многократных повторных исследованиях. На начальных этапах исследований пороговое значение 7 нулевое, оно не влияет на разностную величину Δ_M . Для сохранения значения разностной величины Δ_M с выхода блока вычитания 4 сигналы, соответствующие величине Δ_M , подают параллельно на дополнительный вход запоминающего устройства 3 и запоминающего устройства компьютеризованного комплекса 1, а также на блок аудиовизуальной сигнализации 5.

В ряде исследований может оказаться достаточно использовать только одно значение M_i , например, как оценочный специфический параметр, характеризующий расплав. В этом случае использование разности значений Δ_M не требуется. Однако в случае использования разности значений Δ_M в экспериментах его минимальное значение характеризует временную стабильность параметров ν , ρ , d для одного изучаемого сплава либо тождественность этих параметров у разных сплавов. Например, можно считать, что величина Δ_M , равная 0,03-0,10 M_i , свидетельствует о расхождении значений обоих параметров M_i и M_{i+1} на величину, соизмеримую с погрешностями измерений, т.е. величина Δ_M , равная 0,03-0,10 M_i , в большинстве экспериментов является незначительной. С другой стороны, разность значений Δ_M в экспериментах, достигающая величин, кратно превышающих, например, в несколько раз, значения любого из мультипликативных параметров - M_i или M_{i+1} свидетельствует о различиях, связанных прежде всего с составом, однородностью, технологией выплавки сплава, а не с погрешностью измерений.

В качестве примера на фиг.3 приведены термозависимости ν , ρ , d Ni-жаропрочного сплава ЖС26 как при нагреве, так и при охлаждении в диапазоне $t_j = +(1500-1700)^\circ\text{C}$, а также соответствующие термозависимости M_i для этих параметров. Видно, что чувствительность термозависимости M_i выше, чем отдельных составляющих - ν , ρ , d : например при температуре $t_j = +1500^\circ\text{C}$ относительные - более наглядные, чем

абсолютные, гистерезисные изменения термозависимости M_i составляют 30%, в то время как индивидуальные гистерезисные изменения по каждому из параметров ν , ρ , $d \leq 15\%$. Количество температурных точек t_j в данном случае: $h \geq 5$ регистрируют в большинстве практических случаев, что является достаточным для обработки результатов эксперимента без установления закона распределения, но обеспечивает отклонение результатов измерений, близкое к нормальному закону распределения, и незначительно снижает уровень достоверности.

На фиг.4 приведены иллюстративные примеры термозависимостей при режиме нагрева для Fe - сплава Р6М5 от различных - первого и второго производителей, а на фиг.5 приведен график разности значений Δ_M для мультипликативных параметров M_i - первого и M_{i+1} - второго производителей. При этом Δ_M может быть выражена и в процентном виде, т.е. в относительных значениях по отношению, например, к M_i , что иногда удобнее либо нагляднее, чем абсолютные величины. Из графика следует, во-первых, что относительная величина этой разности значений Δ_M достаточно стабильная и в процентном отношении составляет $\Delta_{M(\%)} = 20\%$ в диапазоне $t_j = +(1500-1700)^\circ\text{C}$ с незначительным отклонением от этой величины - до 23% при температуре $t_j = +1600^\circ\text{C}$. Во-вторых, образцы предположительно отличаются по составу, степени однородности, технологии выплавки сплава, поскольку величина 20% превышает (3...10)% - погрешность измерений параметров термозависимостей ν , ρ , d .

Кроме того, целесообразно использовать удельные величины разности значений Δ_M и (или) мультипликативных параметров M_i по отношению к единице температуры аналогично ТКС (температурному коэффициенту сопротивления) или табличным значениям взаимосвязи - отношения удельной электропроводности $1/\rho$, [1/Ом·см] к теплопроводности металлов k , [Вт/см·град], приведенных для ряда температур t , в частности для железа и никеля - см. В.А.Зиновьев и др. «Краткий технический справочник», М., Л., 1949, Гос. изд. технико-теоретической литературы, ч.1, с.175, табл.66. Изобретение позволяет сравнить температурные приращения вышеотмеченных значений. Например, для вышеуказанных примеров разности значений Δ_M и (или) мультипликативных параметров M_i и M_{i+1} , приведенных на фиг.5, температурный коэффициент K_t для Δ_M равен:

$$K_t \approx 2 \cdot 10^{-9} / 200^\circ\text{C} \approx 10^{-11} \text{ усл.ед./}^\circ\text{C};$$

K_t для M_i и M_{i+1} равен, соответственно, $K_t \approx 3 \cdot 10^{-11}$ усл.ед./ $^\circ\text{C}$ и $\approx 3 \cdot 10^{-11}$ усл.ед./ $^\circ\text{C}$. Данные, которые проведены на фиг.3, 4, 5 подтверждают, что физически значения Δ_M и M , основанные на взаимосвязанных параметрах ν , ρ , d , отражают в обобщающем мультипликативном параметре M процессы внутреннего трения как на атомном уровне, так и на уровне «электронного газа» в металлических расплавах и не противоречат формуле (1).

Предлагаемое изобретение обеспечивает определение мультипликативных значений температурных зависимостей свойств расплавов, упрощение сравнительной оценки этих значений, а в конечном итоге повышение достоверности и точности результатов измерений величины параметров расплава при изменениях температуры, расширение функциональных возможностей, упрощение и удешевление экспериментов.

Технические решения, содержащие вышеуказанные совокупности отличительных признаков, а также совокупности ограничительных и отличительных признаков, не

выявлены в известном уровне техники, что при достижении вышеописанного технического результата позволяет считать предложенные технические решения имеющими изобретательский уровень.

Формула изобретения

1. Способ исследования параметров расплавов, при котором измеряют температурные зависимости параметров вязкости ν , электросопротивления ρ и плотности d расплава в определенном диапазоне температур с получением значений параметров в виде электрических сигналов, отличающийся тем, что дополнительно измеряют значения вышеуказанных параметров того же или иного расплава при одинаковых значениях температур, эти значения параметров расплава перемножают, получая значения мультипликативного параметра M_{i+1} , характеризующие расплав:

$$M_{i+1} = (\nu^l \cdot \rho^m \cdot d^n)_i,$$

где: l, m, n - любые отличные от нуля числа, в том числе дробные;

эти значения M_{i+1} запоминают в качестве специфического параметра,

характеризующего расплав, кроме того, значения ранее измеренных параметров расплава, полученных при одинаковых значениях температур, также перемножают, получая значения мультипликативного параметра M_i , характеризующие расплав:

$$M_i = (\nu^l \cdot \rho^m \cdot d^n)_i,$$

где: l, m, n - любые отличные от нуля числа, в том числе дробные;

значения M_i запоминают в качестве специфического параметра, характеризующего расплав, затем определяют разность значений Δ_M вышеуказанных мультипликативных параметров:

$$\Delta_M = M_i - M_{i+1},$$

которую сравнивают с пороговым значением $\Delta_{M\text{пор}}$.

2. Устройство для исследования параметров расплавов, содержащее блоки определения температурных зависимостей параметров вязкости ν , электросопротивления ρ и плотности d расплава, имеющие выходы для вывода значений параметров в виде соответствующих электрических сигналов, отличающееся тем, что в него введены соединенные последовательно перемножитель, запоминающее устройство и блок вычитания, количество входов перемножителя соответствует количеству значений параметров, каждый из входов перемножителя соединен с соответствующим выходом одного из блоков определения температурных зависимостей параметров вязкости ν , электросопротивления ρ и плотности d расплава.

3. Устройство по п.2, отличающееся тем, что блок вычитания выполнен с регулируемым порогом.

```

#include "stm32F10x.h"
int TxBuff[64];
int RxBuff[64];
int main(void)
{
    SystemInit();
    RCC->APB2ENR |= RCC_APB2ENR_IOPAEN|RCC_APB2ENR_IOPCEN;
    RCC->APB2ENR |= RCC_APB2ENR_AFIOEN;
    RCC->APB2ENR |= RCC_APB2ENR_USART1EN;
    USART1->BRR = 3750;
    GPIOA->CRH |= GPIO_CRH_MODE9;
    GPIOA->CRH &=~GPIO_CRH_CNF9; GPIOA->CRH |=GPIO_CRH_CNF9_1;
    USART1->CR1 = USART_CR1_RE | USART_CR1_TE | USART_CR1_UE;
    RCC->AHBENR |=RCC_AHBENR_DMA1EN;
    DMA1_Channel4->CMAR = (uint32_t) &TxBuff[0];
    DMA1_Channel4->CPAR = (uint32_t) &USART1->DR;
    DMA1_Channel4->CNDTR = 4;
    DMA1_Channel4->CCR = DMA_CCR4_DIR | DMA_CCR4_MINC;
    USART1->CR3 |= USART_CR3_DMAT;
    DMA1_Channel5->CMAR = (uint32_t) &RxBuff[0];
    DMA1_Channel5->CPAR = (uint32_t) &USART1->DR;
    DMA1_Channel5->CCR = DMA_CCR4_MINC;
    USART1->CR3 |= USART_CR3_DMAR;
    while(1){
        DMA1_Channel5->CCR &= (uint16_t)(~DMA_CCR1_EN);
        DMA1_Channel5->CNDTR = 4;
        DMA1_Channel5->CCR |= DMA_CCR1_EN;
        while((DMA1->ISR & DMA_ISR_TCIF5)==0) {}
        DMA1->IFCR |= DMA_ISR_TCIF5;
        int tmp=RxBuff[0];
        DMA1_Channel5->CCR &= (uint16_t)(~DMA_CCR1_EN);
        DMA1_Channel5->CNDTR = 4;
        DMA1_Channel5->CCR |= DMA_CCR1_EN;
        while((DMA1->ISR & DMA_ISR_TCIF5)==0) {}
        DMA1->IFCR |= DMA_ISR_TCIF5;
        tmp=tmp*RxBuff[0];
        DMA1_Channel5->CCR &= (uint16_t)(~DMA_CCR1_EN);
        DMA1_Channel5->CNDTR = 4;
        DMA1_Channel5->CCR |= DMA_CCR1_EN;
    }
}

```

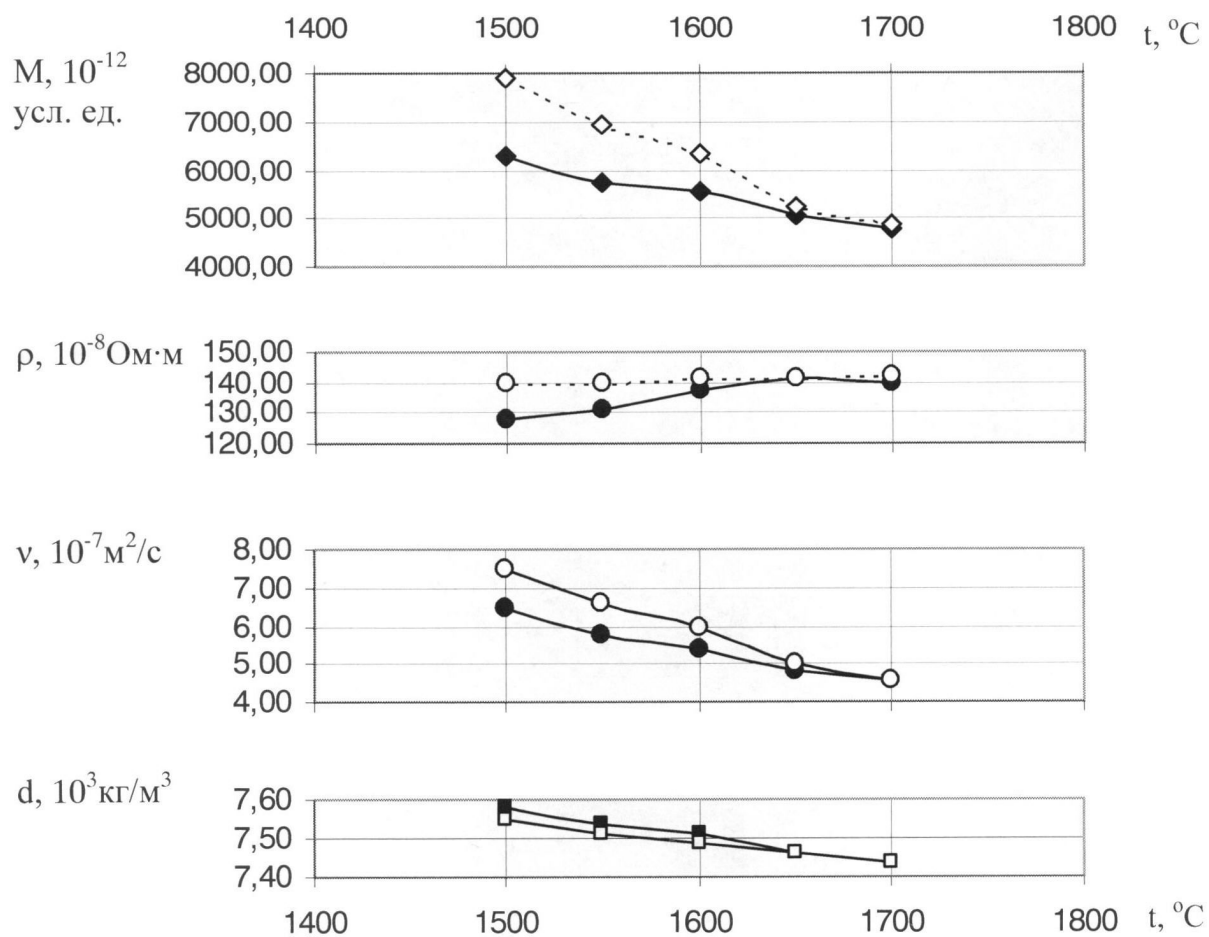
Фиг. 2

```

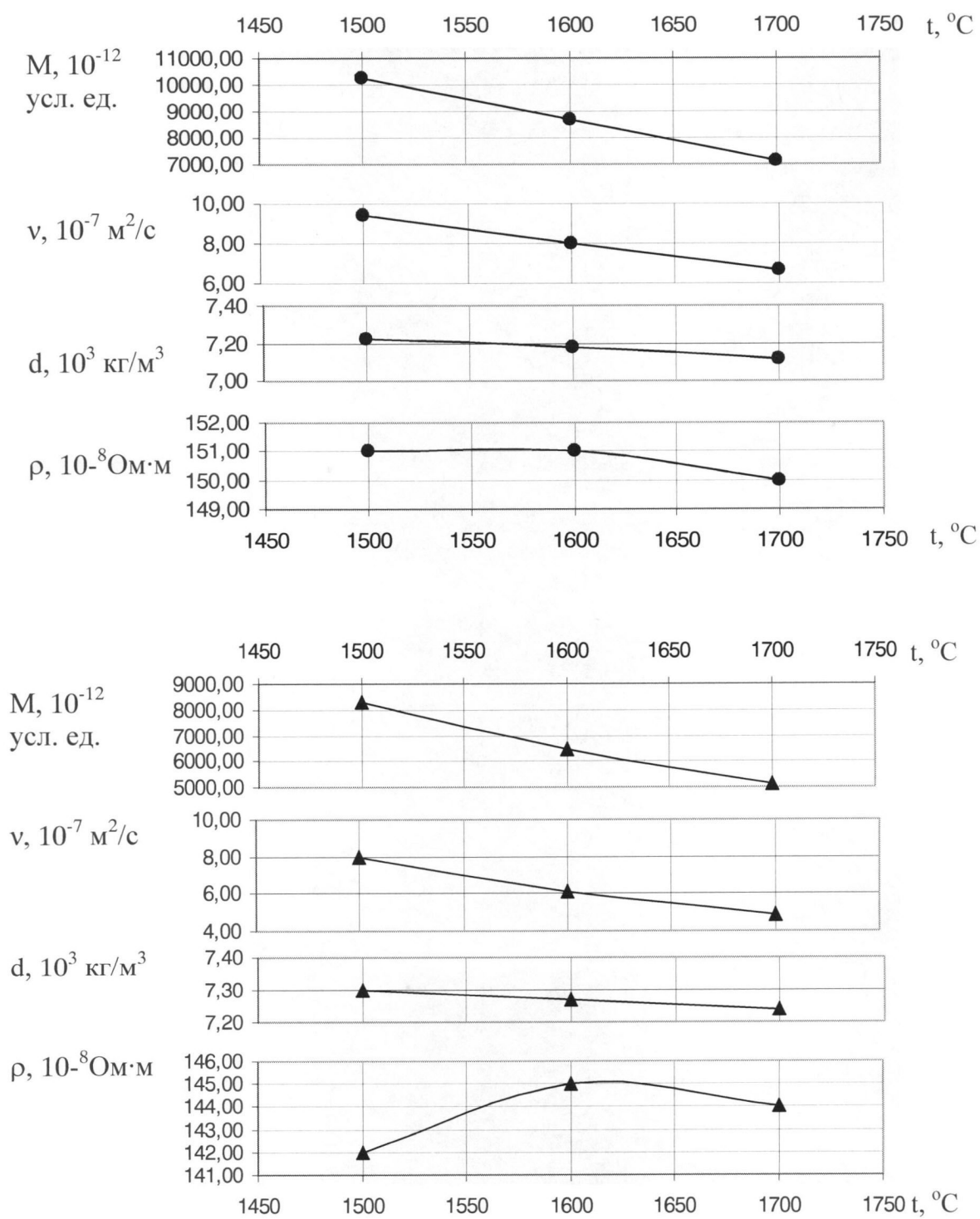
while((DMA1->ISR & DMA_ISR_TCIF5)==0) {}
DMA1->IFCR |= DMA_ISR_TCIF5;
tmp=tmp*RxBuff[0];
DMA1_Channel5->CCR &= (uint16_t)(~DMA_CCR1_EN);
DMA1_Channel5->CNDTR = 4;
DMA1_Channel5->CCR |= DMA_CCR1_EN;
while((DMA1->ISR & DMA_ISR_TCIF5)==0) {}
DMA1->IFCR |= DMA_ISR_TCIF5;
int tmp2=RxBuff[0];
DMA1_Channel5->CCR &= (uint16_t)(~DMA_CCR1_EN);
DMA1_Channel5->CNDTR = 4;
DMA1_Channel5->CCR |= DMA_CCR1_EN;
while((DMA1->ISR & DMA_ISR_TCIF5)==0) {}
DMA1->IFCR |= DMA_ISR_TCIF5;
tmp2=tmp2*RxBuff[0];
DMA1_Channel5->CCR &= (uint16_t)(~DMA_CCR1_EN);
DMA1_Channel5->CNDTR = 4;
DMA1_Channel5->CCR |= DMA_CCR1_EN;
while((DMA1->ISR & DMA_ISR_TCIF5)==0) {}
DMA1->IFCR |= DMA_ISR_TCIF5;
tmp2=tmp2*RxBuff[0];
TxBuff[0]=tmp-tmp2;
DMA1_Channel4->CCR &= (uint16_t)(~DMA_CCR1_EN);
DMA1_Channel4->CNDTR = 4;
DMA1_Channel4->CCR |= DMA_CCR1_EN;
while((DMA1->ISR & DMA_ISR_TCIF4)==0) {}
DMA1->IFCR |= DMA_ISR_TCIF4;

```

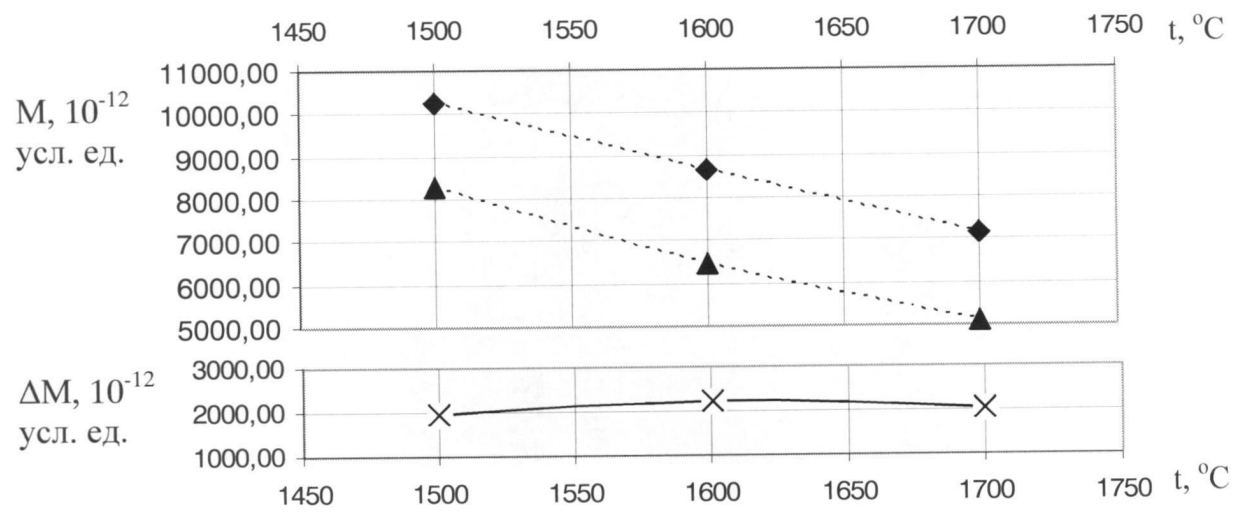
Фиг. 2 (продолжение)



Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5